

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-275568

(43) 公開日 平成6年(1994)9月30日

(51) Int.Cl.⁵

H 0 1 L 21/302

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

F 9277-4M

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-60755

(22) 出願日 平成5年(1993)3月19日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 門村 新吾

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

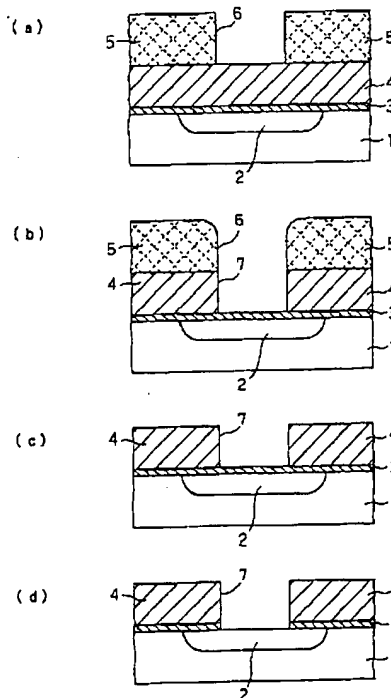
(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 ドライエッチング方法

(57) 【要約】

【目的】 Si_3N_4 層に対して高選択比を維持しながら SiO_2 層をエッチングする。

【構成】 イオン密度が 10^{11} イオン/ cm^3 以上の高密度プラズマを生成できるドライエッチング装置内で、一般式 C_xF_y (ただし、 $y \leq x+2$) で表されるフルオロカーボン (FC) ・ガスを用いる。ECRプラズマ等の高密度プラズマ中ではガスの解離が高度に進行するので、従来のRFプラズマ等では炭素系ポリマーの堆積しか起こらなかった C_xF_y ガスからも効率良く CF^+ が生成し、 SiO_2 層間絶縁膜4を高速エッチングすることができる。一方、上記FCガスのC/F比が大きいため過剰な F^+ が生成せず、 Si_3N_4 下地膜3に対しては高選択性が得られる。逆に Si_3N_4 層をマスクとして SiO_2 層をエッチングした場合には、高いマスク選択性が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 イオン密度が 10^{11} イオン/cm³以上のプラズマを生成可能なエッチング装置内で、一般式C_xF_y（ただし、x、yは自然数であり、 $y \leq x+2$ の関係を満たす。）で表されるフルオロカーボン系化合物を主体とするエッチング・ガスのプラズマを生成させ、窒化シリコン系材料層の上に形成された酸化シリコン系材料層を選択的にエッチングすることを特徴とするドライエッチング方法

【請求項2】 イオン密度が 10^{11} イオン/cm³以上のプラズマを生成可能なエッチング装置内で、一般式C_xF_y（ただし、x、yは自然数であり、 $y \leq x+2$ の関係を満たす。）で表されるフルオロカーボン系化合物をフルオロカーボン系化合物を主体とするエッチング・ガスのプラズマを生成させ、所定の形状にパターニングされた窒化シリコン系材料層をマスクとして酸化シリコン系材料層のエッチングを行うことを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項3】 前記フルオロカーボン系化合物がヘキサフルオロベンゼンであることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のドライエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体装置の製造分野等において適用されるドライエッチング方法に関し、特に窒化シリコン系材料層と酸化シリコン系材料層との間で選択比を大きく確保しながらエッチングを行う方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 シリコン・デバイスにおける層間絶縁膜の構成材料としては、一般にシリコン化合物層、中でも酸化シリコン（SiO₂；典型的にはx=2）膜が広く用いられている。SiO₂層間絶縁膜のドライエッチングは、時期的にほぼ64KDRAMの製造あたりから量産ラインでも適用されるようになった成熟した技術である。

【0003】 上記ドライエッチングは、従来よりCHF₃、CF₄/H₂混合系、CF₄/O₂混合系、C₂F₆/CHF₃混合系等、フルオロカーボン系化合物を組成の主体とするエッチング・ガスが用いられてきた。これは、(a)フルオロカーボン系化合物に含まれるC原子がSiO₂層の表面で原子間結合エネルギーの大きいC-O結合を生成し、Si-O結合を切断したり弱めたりする働きがある、(b)SiO₂層の主エッチング種であるCF_x⁺（典型的にはx=3）を生成できる、さらに(c)エッチング反応系のC/F比（C原子数とF原子数の比）を制御することにより炭素系ポリマーの堆積量を最適化し、レジスト・マスクや下地材料層に対して高選択性が達成できる、等の理由にもとづいている。

【0004】 なお、ここで言う下地材料層とは、主とし

てシリコン基板、ポリシリコン層、ポリサイド膜等のシリコン系材料層を指す。

【0005】 一方、窒化シリコン（Si₃N₄；特にx=3、y=4）もシリコン・デバイスに適用される絶縁膜材料である。Si₃N₄層のドライエッチングにも、基本的にはSiO₂層のエッチングと同様のガス組成が適用される。ただし、SiO₂層がイオン・アシスト反応を主体とする機構によりエッチングされるのに対し、Si₃N₄層はF⁺を主エッチング種とするラジカル反応機構にもとづいてエッチングされ、エッチング速度もSiO₂層よりも速い。これは、原子間結合エネルギーの大小関係がSi-F（553kcal/mole）>Si-O結合（465kJ/mol）>Si-N結合（440kcal/mole）であることから、ある程度予測できる。

【0006】 なお、原子間結合エネルギーの値には算出方法により若干の差が出るが、ここではR. C. Weast編“Handbook of Chemistry and Physics”，69th ed.（1988年）（CRC Press社刊、米国フロリダ州）に記載のデータを引用した。

【0007】 ところで、シリコン・デバイスの製造工程の中には、SiO₂層とSi₃N₄層との間の高選択エッチングを要する工程が幾つかある。たとえば、SiO₂層上におけるSi₃N₄層のエッチングは、たとえばLOCOS法において素子分離領域を規定するためのパターニング等で行われる。上記エッチングは、バーズ・ピーク長を最小限に止めるためにパッド酸化膜（SiO₂層）が薄膜化されている現状では、下地のSiO₂層に対して特に高い選択性を要するプロセスである。

【0008】 また、近年ではデバイスの微細化、複雑化にともなってSi₃N₄層がエッチング・ダメージを防止するためのエッチング停止層として色々な場所に形成されるケースが増えており、Si₃N₄層上でSiO₂層を高選択エッチングする必要も生じている。たとえば、オーバーエッチング時の基板ダメージを低減させるために基板の表面に薄いSi₃N₄層が介在されていたり、いわゆるONO（SiO₂層/Si₃N₄層/SiO₂層）構造を有するゲート絶縁膜が形成されていたり、さらにあるいはゲート電極の表面にSi₃N₄層が積層されている場合には、この上で行われるSiO₂層のエッチングはSi₃N₄層の表面で確実に停止しなければならない。

【0009】 ところで、積層される異なる材料層の間で選択性の高いエッチングを行うためには、一般に両材料層の原子間結合エネルギーの値にある程度の差があることが望ましい。しかし、SiO₂層とSi₃N₄層の場合、Si-O結合とSi-N結合は原子間結合エネルギーの値が比較的近いため、これら両者間の高選択エッチングは本質的に困難である。

【0010】従来よりこの選択エッチングを可能とするための技術の開発が各所で進められている。

【0011】ここで、 SiO_2 層上で Si_3N_4 層をエッチングする技術については、幾つか報告がある。たとえば、本発明者は先に特開昭61-142744号公報において、 C/F 比（分子内の C 原子数と F 原子数の比）が小さい CH_2 、 F_2 等のガスに CO_2 を 30~70% のモル比で混合したエッチング・ガスを用いる技術を開示している。 C/F 比の小さいガスは F^+ の再結合によってのみ SiO_2 層のエッチング種である CF_x^+ （特に $x=3$ ）を生成し得るが、この系へ大量の CO^+ を供給して F^+ を捕捉して COF の形で除去すると、 CF_x^+ の生成量が減少して SiO_2 層のエッチング速度が低下する。一方、 Si_3N_4 は F^+ を主エッチング種としてエッチングできるので、 CO_2 の大量添加によって CF_x^+ が減少してもエッチング速度はほとんど変化しない。このようにして、両層の間の選択性が得られるわけである。

【0012】また、Proceeding of Symposium on Dry Process, 第8巻7号, 86~94ページ(1987年)には、ケミカル・ドライエッチング装置に NF_3 と Cl_2 とを供給し、マイクロ波放電により気相中に生成する FCl を利用して SiO_2 上の Si_3N_4 層をエッチングする技術が報告されている。 $\text{Si}-\text{O}$ 結合はイオン結合性を 55% 含むのに対し、 $\text{Si}-\text{N}$ 結合は 30% であり、共有結合性の割合が高くなっている。つまり、 Si_3N_4 層中の化学結合の性質は、単結晶シリコン中の化学結合（共有結合）のそれに近く、 FCl から解離生成した F^+ 、 Cl^+ 等のラジカルによりエッチングされる。一方、 SiO_2 層はこれらのラジカルによってもほとんどエッチングされないので、高選択エッチングが可能となるわけである。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、 SiO_2 層上で Si_3N_4 層を選択エッチングする技術については、幾つかの報告がなされている。これは、両層のエッチング速度を考えるとある意味では当然である。それは、ラジカル反応を主体とする機構により Si_3N_4 をエッチングする過程では、途中で SiO_2 層が露出すれば必然的にエッチング速度は低下するからである。

【0014】しかし、従来の技術にも問題はあつた。たとえば上述の FCl を利用するプロセスでは、ラジカル反応を利用しているために異方性加工が本質的に困難である。

【0015】一方、 Si_3N_4 層の上で SiO_2 層を選択エッチングする技術については、この逆のケースに比べて選択性を確保することが難しいため、報告例も少ない。これは、イオン・アシスト反応を主体とする機構により SiO_2 層をエッチングしていても、その反応系中

には必ずラジカルが生成しており、 Si_3N_4 が露出した時点でこのラジカルにより下地のエッチング速度が上昇してしまうからである。

【0016】最近になって、新しいプラズマ源の採用によりラジカルの生成量を低下させた高密度プラズマを用いてこれを実現する技術が提案されている。たとえば、Proceedings of the 43rd Symposium on Semiconductors and Integrated Circuits Technology, p. 54 (1992) には、 C_2F_6 ガスの誘導結合プラズマ (ICP=Induction Coupled Plasma) を用い、LPCVD 法により成膜された Si_3N_4 層の上で TEO S-CVD 法により形成された SiO_2 層を C_2F_6 (ヘキサフルオロエタン) を用いてエッチングし、ゲート電極に一部重なる接続孔を開口するプロセス例が紹介されている。高密度プラズマ中ではガスの解離が高度に進行するので、 C_2F_6 はほぼイオン式量の小さい CF_x^+ に分解され、これがエッチングに寄与しているものと考えられている。また、このとき堆積する C/F 比の低いフルオロカーボン系ポリマーの中の C 原子は、 Si_3N_4 中の N 原子よりも SiO_2 中の O 原子と結合しやすいので、 SiO_2 層の表面では除去されるが、 Si_3N_4 上では堆積する。これが、選択性の達成メカニズムであると考えられている。

【0017】この技術はかなり有望であるが、安定した選択性を得にくいという欠点がある。たとえば、上述のプロセスにおける選択比は、平坦部において無限大、コーナー部では 20 以上と報告されている。かかる選択性の面内バラつきは、 C_2F_6 の解離が高度に進んだ結果生成する F^+ の寄与によるものと考えられる。そこで本発明は、 Si_3N_4 層に対して安定に高選択比を確保することが可能な SiO_2 層のドライエッチング方法を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明のドライエッチング方法は、上述の目的に鑑みて提案されるものであり、イオン密度が 10^{11} イオン/ cm^3 以上のプラズマを生成可能なエッチング装置内で、一般式 C_xF_y (ただし、 x, y は自然数であり、 $y \leq x+2$ の関係を満たす。) で表されるフルオロカーボン系化合物を主体とするエッチング・ガスのプラズマを生成させ、 Si_3N_4 系材料層の上に形成された SiO_2 系材料層を選択的にエッチングするものである。

【0019】ここで、高密度プラズマとは、従来型のプラズマに比べて電子とガス原子の衝突回数を増やすための何らかの工夫がなされているプラズマのことである。従来型のプラズマとは、たとえば平行平板電極間に RF パワーを印加してグロー放電を起こしたり、導波管へマイクロ波を供給してマイクロ波放電を起こすことにより

5

励起されるものである。これに対し、高密度プラズマは、たとえばマイクロ波電界と磁界の相互作用にもとづく電子サイクロトロン共鳴、あるいはホイッスラー・モードと呼ばれる磁界中のマイクロ波伝搬モード等を利用することにより、ガスの解離を高度に促進し、高いイオン密度を達成したものである。

【0020】かかる 10^{11} イオン/cm³以上のイオン密度を有するプラズマの具体例としては、ECRプラズマ、ヘリコン波プラズマ、ICP (Inductively Coupled Plasma)、TCP (Transformer Coupled Plasma)、ホロー・アノード型プラズマ、ヘリカル共振器プラズマ等が知られている。

【0021】また、上記フルオロカーボン系化合物は、その一般式から自明であるように、不飽和化合物である。この要件は、鎖状あるいは環状のいずれの炭素骨格によっても満たすことができる。しかし、炭素数がある程度多くなれば鎖状の場合には必然的に連続した多重結合あるいは共役多重結合を持たざるを得ず、また環状の場合には共役多重結合、縮合環、多環、スピロ環、環集合等の構造をとることになる。

【0022】かかる要件を満たすフルオロカーボン系化合物の一例としては、テトラフルオロエチレン(C₂F₄)、ヘキサフルオロブタジエン(C₄F₆)、テトラフルオロシクロプロペン(c-C₃F₄)、ヘキサフルオロシクロブテン(c-C₄F₆)、ヘキサフルオロベンゼン(C₆F₆)、オクタフルオロシクロヘプタトリエン(c-C₇F₈)、オクタフルオロビシクロ[2, 2, 1]ヘプタジエン(C₇F₈)等を挙げることができる。

【0023】本発明はまた、イオン密度が 10^{11} イオン/cm³以上のプラズマを生成可能なエッチング装置内で、一般式C_xF_y (ただし、x, yは自然数であり、 $y \leq x + 2$ の関係を満たす。)で表されるフルオロカーボン系化合物を主体とするエッチング・ガスのプラズマを生成させ、所定の形状にパターンニングされたSi₃N₄系材料層をマスクとしてSiO₂系材料層のエッチングを行うものである。

【0024】本発明はさらに、前記フルオロカーボン系化合物としてヘキサフルオロベンゼンを用いるものである。

【0025】

【作用】フルオロカーボン系化合物を主体とするエッチング・ガスを用いてイオン密度 10^{11} イオン/cm³以上の高密度プラズマを形成すると、低圧下でも従来のRFプラズマ等と比べてフルオロカーボン系化合物の解離が進み、大量のCF₃⁺ (しかも、x=1が多い)が効率良く生成する。この豊富なイオンにアシストされながら、シリコン化合物層は実用的な速度でエッチングされる。

6

【0026】しかし、この大量のCF₃⁺に伴って大量のF⁺が生成すると、Si₃N₄層に対する選択性が低下する原因となる。そこで本発明では、プラズマ中に過剰のF⁺が生成しないよう、C原子数に比べてF原子数が少ない化合物、すなわち分子のC/F比が大きいフルオロカーボン系化合物をエッチング・ガスの主成分として用いる。本発明の場合、F原子数yはC原子数xに比べて最大でも2個多いだけであるから、仮に単純化して1分子からx個のCF₃⁺が生成したと考えると、F⁺の生成量は最大でも2個ということになる。

【0027】本発明では、かかるフルオロカーボン系化合物を用いてSi₃N₄層上でSiO₂系材料層をエッチングするので、Si₃N₄層の露出面が高密度のF⁺に曝される虞れない。したがって、下地のSi₃N₄層に対して高い下地選択性が達成されるわけである。この原理は、逆に所定の形状にパターンニングされたSi₃N₄層を、その下のSiO₂層のエッチング・マスクとして用いた場合にも全く同じであり、高いマスク選択性が達成される。

【0028】ところで、本発明では上記フルオロカーボン系化合物として特にヘキサフルオロベンゼン(C₆F₆)を提案するが、これは安定性、入手の容易さ、C/F比の値が1と大きいこと等を考慮したからである。従来からC₆F₆をSiO₂系材料層のエッチングに用いようとする試みはあった。しかし、たとえば特公平1-60938号公報にも記載されているように、これ単独ではCF₃⁺やCF₂⁺が大量に生成してポリマーを形成してしまい、エッチング反応の進行が阻害されるため、実用にはならなかった。上記公報では、炭素系ポリマーの重合を阻害するために、CF₄を1:1の割合でC₆F₆に混合したガスを用いて、この問題を解決している。

【0029】しかし、本発明によれば、C₆F₆は高密度プラズマ中でCF₃⁺にまで解離されるので、炭素系ポリマーを過剰に堆積させる虞れない。しかも、仮に炭素-炭素間の結合が全て開裂して1分子から6個のCF₃⁺が生成したとすれば、F⁺は理論上は1個も生成しないことになり、Si₃N₄系材料層に対して高い選択性が達成される。また、かかる高選択エッチングを単独ガス系で実現できる点も、安定性、制御性等の観点から本発明のメリットと言える。

【0030】

【実施例】以下、本発明の具体的な実施例について説明する。

【0031】実施例1

本実施例は、有磁場マイクロ波プラズマ・エッチング装置とC₆F₆ガスを用い、Si₃N₄下地膜を有するSiO₂層間絶縁膜をエッチングしてコンタクト・ホールを開口した例である。このプロセスを、図1を参照しながら説明する。

7

【0032】まず、図1(a)に示されるように、予め不純物拡散領域2の形成されたシリコン基板1上にたとえばLPCVD法により層厚10nmのSi₃N₄下地膜3を形成し、続いて常圧CVD法により層厚1000nmのSiO₂層間絶縁膜4を形成した。さらに、上記SiO₂層間絶縁膜4の上には、ノボラック系ポジ型フォトリソレジストTSMR-V3(東京応化工業社製;商品名)を塗布し、i線リソグラフィおよびアルカリ現像により直径0.35μmの開口部6を有するレジスト・マスク5を形成した。

【0033】このウェハを有磁場マイクロ波プラズマ・エッチング装置のウェハ載置電極上にセットし、一例として下記の条件でSiO₂層間絶縁膜4をエッチングした。

C ₆ F ₆ 流量	20 SCCM
ガス圧	0.65 Pa
マイクロ波パワー	1500 W (2.45 GHz)
RFバイアス・パワー	200 W (800 kHz)
ウェハ載置電極温度	20 °C

【0034】ここでは、大きなマイクロ波パワーを投入してECR放電を行うことにより、C₆F₆の解離が進行し、イオン密度が10¹¹イオン/cm³のオーダーの高密度プラズマが生成された。上記エッチング過程では、この高密度プラズマ中に生成する大量のCF⁺によりSiO₂層間絶縁膜4のエッチングが高速に進行した。また、下地のSi₃N₄下地膜3が露出した時点でも、プラズマ中に過剰なF⁺が生成していないために、Si₃N₄下地膜3に対して約30の高い選択性が達成された。もちろん、レジスト・マスク5に対する選択性も良好であった。

【0035】このエッチングの結果、図1(b)に示されるような異方性形状を有するコンタクト・ホール7が、その底面に露出するSi₃N₄下地膜3を浸蝕することなく形成された。

【0036】なお、このエッチング過程では、図示されない炭素系ポリマーの堆積が若干みられる。この炭素系ポリマーは、SiO₂層間絶縁膜4のエッチング領域ではここからスパッタ・アウトされるO原子の燃焼作用により除去されるが、レジスト・マスク5の表面保護、コンタクト・ホール7の側壁面の保護、Si₃N₄下地膜3の露出面の保護等に寄与した。

【0037】しかし、いずれにしても従来のように大量の炭素系ポリマーを堆積させてエッチングの進行を妨げることにはなった。

【0038】次に、ウェハをプラズマ・アッシング装置に移設して通常の条件でO₂プラズマ・アッシングを行い、図1(c)に示されるようにレジスト・マスク5を除去した。このとき、表面保護や側壁保護に寄与してい

8

た図示されない炭素系ポリマーも同時に除去された。

【0039】最後に、ウェハを熱リン酸水溶液に浸漬し、図1(d)に示されるように、コンタクト・ホール4aの底部に露出したSi₃N₄下地膜3を分解除去した。以上のプロセスにより、不純物拡散領域2にダメージを発生させたり、またパーティクル汚染を惹起させることなく、良好な異方性形状を有するコンタクト・ホール7を形成することができた。

【0040】実施例2

10 本実施例は、SRAMの負荷用TFTのゲート電極と記憶ノードの接続を形成するためのセルフアライン・コンタクト加工において、SiO₂層間絶縁膜のエッチングをICPエッチング装置とC₆F₆ガスを用いて行った例である。このプロセスを、図2を参照しながら説明する。

【0041】本実施例でエッチング・サンプルとして用いたウェハの構成を、図2(a)に示す。このウェハは、シリコン基板11上に表面酸化によりゲート酸化膜13が形成され、この上でドライバ・トランジスタの2本のゲート電極16、およびこのゲート電極16を後工程のエッチングから保護するためのSi₃N₄エッチング停止層17がパターンニングされたものである。上記ゲート電極16は、下層側から順にポリシリコン層14とタングステン・シリサイド(WSi₂)層15とが積層されたタングステン・ポリサイド膜からなるものである。ゲート電極16の両側壁面には、SiO₂からなるサイドウォール18がエッチバック・プロセスにより形成されており、前述のゲート電極16およびサイドウォール18をマスクとした2回のイオン注入により、LD

20 D構造を有する不純物拡散領域12がシリコン基板11内に形成されている。

【0042】このウェハの全面には、たとえばCVD法によりSiO₂層間絶縁膜19が堆積され、さらにこの上にレジスト・マスク20が所定のパターンに形成されている。上記レジスト・マスク20は、両ゲート電極16上に一部かかり、これらの中間領域をカバーする開口部21を有している。この開口部21の内部で、SiO₂層間絶縁膜19をエッチングして不純物拡散領域に至るコンタクト・ホールを形成するわけである。

40 【0043】上記ウェハをICPエッチング装置にセットし、一例として下記の条件でSiO₂層間絶縁膜19のエッチングを行った。

C ₆ F ₆ 流量	20 SCCM
ガス圧	0.65 Pa
RF電源パワー	2500 W (2 kHz)
RFバイアス・パワー	50 W (1.8 MHz)
ウェハ載置電極温度	0 °C

この過程では、ICPエッチング装置内で生成されるイオン密度10¹²イオン/cm³のオーダーの高密度プラ

ズマにより、 CF^+ を主エッチング種とした SiO_2 層間絶縁膜19のエッチングが進行した。この結果、図2 (b) に示されるように、 SiO_2 層間絶縁膜19およびゲート SiO_2 膜13の一部が除去されてコンタクト・ホール22が完成し、先に形成されていたサイドウォール18の上にはさらに別のサイドウォール19aが形成された。

【0044】ところで、このエッチングの途中では Si, N_4 エッチング停止層17が露出するが、このとき実施例1でも上述したように C, F_2 の解離が高度に進んでプラズマ中の F^+ 生成量が少なくなっているため、 Si, N_4 エッチング停止層17に対する選択比が十分に大きく維持された。したがって、かかる高段差上の SiO_2 層間絶縁膜19のエッチングも、ゲート電極16にダメージを及ぼすことなく行うことができた。

【0045】比較例

ここでは、実施例2に対する比較例として、ICPエッチング装置と C_2F_6 ガスを用いて同様のSRAMのセルフアライン・コンタクトを形成した例について説明する。まず、図2 (a) に示したものと同じウェハをICPエッチング装置にセットし、一例として下記の条件で SiO_2 層間絶縁膜19をエッチングした。

【0046】

C_2F_6 流量	20 SCCM
ガス圧	0.65 Pa
RF電源パワー	2500 W (2 kHz)
RFバイアス・パワー	50 W (1.8 MHz)
ウェハ載置電極温度	0 °C

【0047】この過程では、 C_2F_6 の高効率解離により CF^+ がもちろん生成するが、同時に大量の F^+ も生成し、この F^+ がエッチング途中で露出した Si, N_4 エッチング停止層17に対する選択性を低下させた。この結果、図3に示されるように、浸触された Si, N_4 エッチング停止層17bの下層側でゲート電極16も一部浸触され、サイドウォール18b、19bの断面形状もそれぞれ劣化した。

【0048】以上、本発明を2例の実施例にもとづいて説明したが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではない。たとえば、上述の実施例では、高密度プラズマとしてECRプラズマおよびICPを採り上げたが、ホローアノード型プラズマでは 10^{12} イオン/ cm^3 、ヘリコン波プラズマやTCPでは $10^{12} \sim 10^{13}$ イオン/ cm^3 のオーダーのイオン密度が報告されており、これらのいずれれを利用して良い。

【0049】エッチング・ガスとして用いられるフルオロカーボン系化合物 C_xF_y も、上述の C_2F_6 に限られるものではなく、 $y \leq x + 2$ の条件を満たす限りにおいて合成が可能であり、安定に存在でき、しかも容易に気体状態でエッチング・チャンバ内へ導入できる化合物

であれば、いかなるものであっても構わない。

【0050】また、本発明が適用可能な他のプロセス例としては、ONO ($SiO_2/Si_3N_4/SiO_2$) 構造を有する3層型ゲート絶縁膜上における SiO_2 層間絶縁膜のエッチバック等がある。これは、ゲート電極の側壁面にサイドウォールを形成するためのプロセスであるが、この場合、エッチバックをゲート絶縁膜中間の Si_3N_4 膜上で高選択比をもって停止させることができる。

【0051】この他、エッチング条件、使用するエッチング装置等が適宜変更可能であることは、言うまでもない。

【0052】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明のドライエッチング方法によれば、従来は炭素系ポリマーの生成量が多すぎてエッチングには使用できなかった C/F 比の大きいフルオロカーボン系化合物を高密度プラズマ中で高度に解離させ、エッチング・ガスの主成分として用いることができるようになる。しかも、かかるフルオロカーボン系化合物は、放電解離条件下でも F^+ を過剰に生成しないため、 SiO_2 系材料層と Si_3N_4 系材料層との間の選択エッチングを高選択比をもって実現することが可能となる。

【0053】したがって、本発明は微細なデザイン・ルールにもとづいて設計され、高集積度および高性能を有する半導体装置の製造に好適であり、その産業上の価値は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明をコンタクト・ホール加工に適用したプロセス例をその工程順にしたがって示す模式的断面図であり、(a)は SiO_2 層間絶縁膜上にレジスト・マスクが形成された状態、(b)は SiO_2 層間絶縁膜のエッチングが Si_3N_4 下地膜上で停止した状態、(c)はレジスト・マスクがアッシングにより除去された状態、(d)はコンタクト・ホール内の Si_3N_4 下地膜が選択的に除去された状態をそれぞれ表す。

【図2】本発明をSRAMのセルフアライン・コンタクト加工に適用したプロセス例をその工程順にしたがって示す模式的断面図であり、(a)は表面に Si_3N_4 エッチング停止層を有する2本のゲート電極を被覆して SiO_2 層間絶縁膜が形成され、さらにレジスト・マスクが形成された状態、(b)はサイドウォールが形成されながらコンタクト・ホールが形成された状態をそれぞれ表す。

【図3】SRAMのセルフアライン・コンタクトの比較例において、 Si_3N_4 エッチング停止層に対する選択性が低下し、ゲート電極とサイドウォールの断面形状が劣化した状態を示す模式的断面図である。

【符号の説明】

1, 11 ……シリコン基板

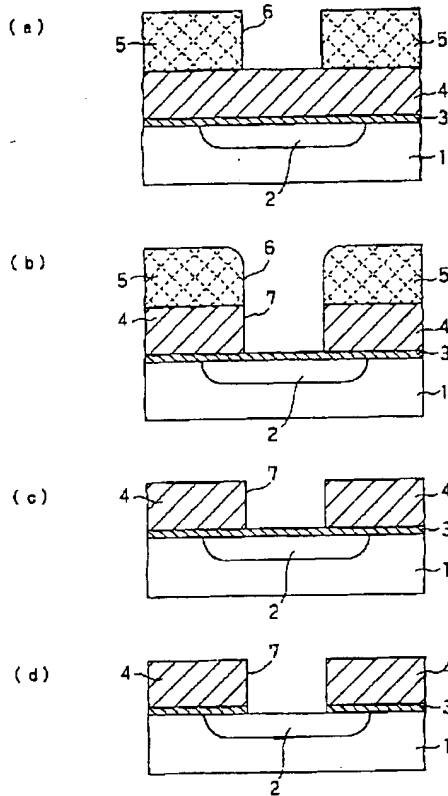
(7)

特開平6-275568

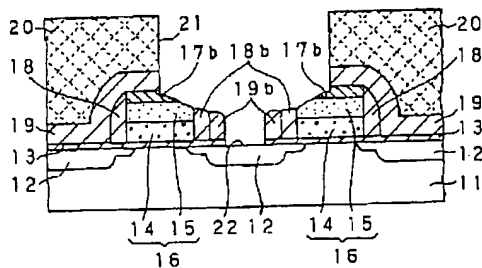
11

- 2, 12 ... 不純物拡散領域
 3 ... Si_3N_4 下地膜
 4, 19 ... SiO_2 層間絶縁膜
 5, 20 ... レジスト・マスク
 6, 21 ... 開口部

【図1】



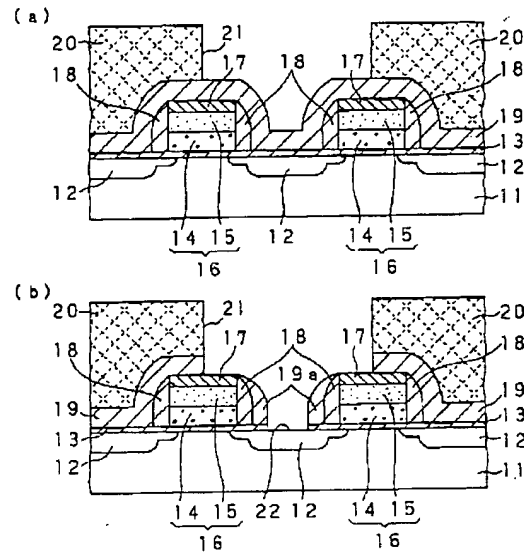
【図3】



12

- 7, 22 ... コンタクト・ホール
 13 ... ゲート酸化膜
 16 ... ゲート電極
 17 ... Si_3N_4 エッチング停止層
 18, 19 ... サイドウォール

【図2】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-275568

(43)Date of publication of application : 30.09.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/302

(21)Application number : 05-060755

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 19.03.1993

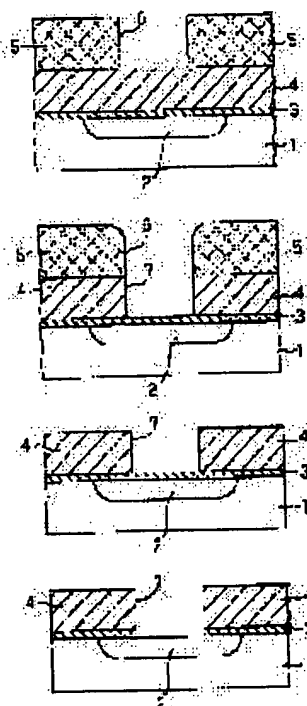
(72)Inventor : KADOMURA SHINGO

(54) DRY ETCHING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To etch an SiO₂ layer by maintaining a high selection ratio against an Si₃N₄ layer.

CONSTITUTION: In a dry etching device which can generate high-density plasma having an ion density of $\geq 10^{11}$ ions/cm³, the fluorocarbon (FC) gas expressed by a general formula, C_xF_y (where, $y \leq x+2$), is used. Since the gas is highly dissociated in such high-density plasma as ECR plasma, etc., CF⁺ can be efficiently generated from a C₆F₆ gas which only yields the deposition of a carbon polymer in the conventional RF plasma, etc., and an Si₂ interlayer insulating film 4 can be etched at a high speed. Since the FC gas has a high C/F ratio, F^{*} is not generated excessively and high selectivity can be obtained against a Si₃N₄ base film 3. When the SiO₂ layer is etched by using the Si₃N₄ layer as a mask, on the contrary, high mask selectivity is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

02.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3252518

[Date of registration]

22.11.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-275568

(43)公開日 平成6年(1994)9月30日

(51)IntCl.⁵
H 0 1 L 21/302

識別記号 庁内整理番号
F 9277-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-60755

(22)出願日 平成5年(1993)3月19日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 門村 新吾

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

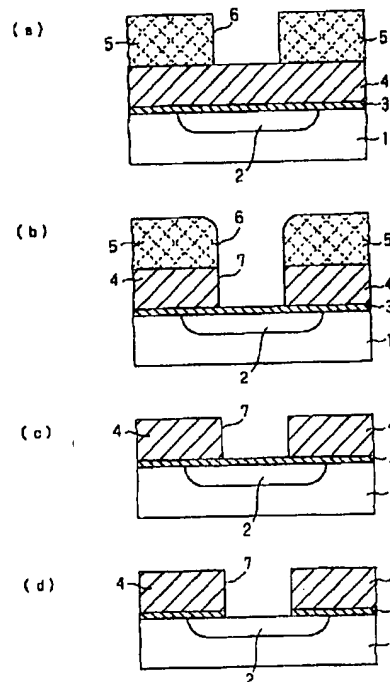
(74)代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54)【発明の名称】 ドライエッチング方法

(57)【要約】

【目的】 Si_3N_4 層に対して高選択比を維持しながら SiO_2 層をエッチングする。

【構成】 イオン密度が 10^{11} イオン/ cm^3 以上の高密度プラズマを生成できるドライエッチング装置内で、一般式 C_xF_y (ただし、 $y \leq x+2$) で表されるフルオロカーボン (FC) ・ガスを用いる。ECRプラズマ等の高密度プラズマ中ではガスの解離が高度に進行するので、従来のRFプラズマ等では炭素系ポリマーの堆積しか起こらなかった C_6F_6 ガスからも効率良く CF^+ が生成し、 SiO_2 層間絶縁膜4を高速エッチングすることができる。一方、上記FCガスのC/F比が大きいので過剰な F^+ が生成せず、 Si_3N_4 下地膜3に対しては高選択性が得られる。逆に Si_3N_4 層をマスクとして SiO_2 層をエッチングした場合には、高いマスク選択性が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 イオン密度が 10^{11} イオン/cm³ 以上のプラズマを生成可能なエッチング装置内で、一般式C_xF_y（ただし、x、yは自然数であり、 $y \leq x+2$ の関係を満たす。）で表されるフルオロカーボン系化合物を主体とするエッチング・ガスのプラズマを生成させ、窒化シリコン系材料層の上に形成された酸化シリコン系材料層を選択的にエッチングすることを特徴とするドライエッチング方法

【請求項2】 イオン密度が 10^{11} イオン/cm³ 以上のプラズマを生成可能なエッチング装置内で、一般式C_xF_y（ただし、x、yは自然数であり、 $y \leq x+2$ の関係を満たす。）で表されるフルオロカーボン系化合物をフルオロカーボン系化合物を主体とするエッチング・ガスのプラズマを生成させ、所定の形状にパターニングされた窒化シリコン系材料層をマスクとして酸化シリコン系材料層のエッチングを行うことを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項3】 前記フルオロカーボン系化合物がヘキサフルオロベンゼンであることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のドライエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体装置の製造分野等において適用されるドライエッチング方法に関し、特に窒化シリコン系材料層と酸化シリコン系材料層の間で選択比を大きく確保しながらエッチングを行う方法に関する。

【0002】

【従来の技術】シリコン・デバイスにおける層間絶縁膜の構成材料としては、一般にシリコン化合物層、中でも酸化シリコン（SiO₂；典型的にはx=2）膜が広く用いられている。SiO₂層間絶縁膜のドライエッチングは、時期的にはほぼ64KDRAMの製造あたりから量産ラインでも適用されるようになった成熟した技術である。

【0003】上記ドライエッチングは、従来よりCHF₃、CF₄/H₂混合系、CF₄/O₂混合系、C₂F₆/CHF₃混合系等、フルオロカーボン系化合物を組成の主体とするエッチング・ガスが用いられてきた。これは、(a)フルオロカーボン系化合物に含まれるC原子がSiO₂層の表面で原子間結合エネルギーの大きいC—O結合を生成し、Si—O結合を切断したり弱めたりする働きがある、(b)SiO₂層の主エッチング種であるCF_x・（典型的にはx=3）を生成できる、さらに(c)エッチング反応系のC/F比（C原子数とF原子数の比）を制御することにより炭素系ポリマーの堆積量を最適化し、レジスト・マスクや下地材料層に対して高選択性が達成できる、等の理由にもとづいている。

【0004】なお、ここで言う下地材料層とは、主とし

てシリコン基板、ポリシリコン層、ポリサイド膜等のシリコン系材料層を指す。

【0005】一方、窒化シリコン（Si₃N₄；特にx=3、y=4）もシリコン・デバイスに適用される絶縁膜材料である。Si₃N₄層のドライエッチングにも、基本的にはSiO₂層のエッチングと同様のガス組成が適用される。ただし、SiO₂層がイオン・アシスト反応を主体とする機構によりエッチングされるのに対し、Si₃N₄層はF⁺を主エッチング種とするラジカル反応機構にもとづいてエッチングされ、エッチング速度もSiO₂層よりも速い。これは、原子間結合エネルギーの大小関係がSi—F（553kcal/mole）>Si—O結合（465kJ/mol）>Si—N結合（440kcal/mole）であることから、ある程度予測できる。

【0006】なお、原子間結合エネルギーの値には算出方法により若干の差が出るが、ここではR. C. Weast編“Handbook of Chemistry and Physics”，69th ed.（1988年）（CRC Press社刊、米国フロリダ州）に記載のデータを引用した。

【0007】ところで、シリコン・デバイスの製造工程の中には、SiO₂層とSi₃N₄層との間の高選択エッチングを要する工程が幾つかある。たとえば、SiO₂層上におけるSi₃N₄層のエッチングは、たとえばLOCOS法において素子分離領域を規定するためのパターニング等で行われる。上記エッチングは、バース・ビーク長を最小限に止めるためにパッド酸化膜（SiO₂層）が薄膜化されている現状では、下地のSiO₂層に対して特に高い選択性を要するプロセスである。

【0008】また、近年ではデバイスの微細化、複雑化にともなってSi₃N₄層がエッチング・ダメージを防止するためのエッチング停止層として色々な場所に形成されるケースが増えており、Si₃N₄層上でSiO₂層を高選択エッチングする必要も生じている。たとえば、オーバーエッチング時の基板ダメージを低減させるために基板の表面に薄いSi₃N₄層が介在されていたり、いわゆるONO（SiO₂層/Si₃N₄層/SiO₂層）構造を有するゲート絶縁膜が形成されていたり、さらにあるいはゲート電極の表面にSi₃N₄層が積層されている場合には、この上で行われるSiO₂層のエッチングはSi₃N₄層の表面で確実に停止しなければならない。

【0009】ところで、積層される異なる材料層の間で選択性の高いエッチングを行うためには、一般に両材料層の原子間結合エネルギーの値にある程度の差があることが望ましい。しかし、SiO₂層とSi₃N₄層の場合、Si—O結合とSi—N結合は原子間結合エネルギーの値が比較的近いため、これら両者間の高選択エッチングは本質的に困難である。

【0010】従来よりこの選択エッチングを可能とするための技術の開発が各所で進められている。

【0011】ここで、 SiO_x 層上で Si_xN_y 層をエッチングする技術については、幾つか報告がある。たとえば、本発明者は先に特開昭61-142744号公報において、C/F比（分子内のC原子数とF原子数の比）が小さい CH_2F_2 等のガスに CO_2 を30～70%のモル比で混合したエッチング・ガスを用いる技術を開示している。C/F比の小さいガスは F^\bullet の再結合によってのみ SiO_x 層のエッチング種である CF_x^\bullet （特に $x=3$ ）を生成し得るが、この系へ大量の CO^\bullet を供給して F^\bullet を捕捉して COF の形で除去すると、 CF_x^\bullet の生成量が減少して SiO_x 層のエッチング速度が低下する。一方、 Si_xN_y は F^\bullet を主エッチング種としてエッチングできるので、 CO_2 の大量添加によって CF_x^\bullet が減少してもエッチング速度はほとんど変化しない。このようにして、両層の間の選択性が得られるわけである。

【0012】また、Proceeding of Symposium on Dry Process, 第8巻7号, 86～94ページ（1987年）には、ケミカル・ドライエッチング装置に NF_3 と Cl_2 とを供給し、マイクロ波放電により気相中に生成する FCl を利用して SiO_x 上の Si_xN_y 層をエッチングする技術が報告されている。 $\text{Si}-\text{O}$ 結合はイオン結合性を55%含むのに対し、 $\text{Si}-\text{N}$ 結合は30%であり、共有結合性の割合が高くなっている。つまり、 Si_xN_y 層中の化学結合の性質は、単結晶シリコン中の化学結合（共有結合）のそれに近く、 FCl から解離生成した F^\bullet 、 Cl^\bullet 等のラジカルによりエッチングされる。一方、 SiO_x 層はこれらのラジカルによってもほとんどエッチングされないので、高選択エッチングが可能となるわけである。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、 SiO_x 層の上で Si_xN_y 層を選択エッチングする技術については、幾つかの報告がなされている。これは、両層のエッチング速度を考えるとある意味では当然である。それは、ラジカル反応を主体とする機構により Si_xN_y をエッチングする過程では、途中で SiO_x 層が露出すれば必然的にエッチング速度は低下するからである。

【0014】しかし、従来の技術にも問題はあある。たとえば上述の FCl を利用するプロセスでは、ラジカル反応を利用しているために異方性加工が本質的に困難である。

【0015】一方、 Si_xN_y 層の上で SiO_x 層を選択エッチングする技術については、この逆のケースに比べて選択性を確保することが難しいため、報告例も少ない。これは、イオン・アシスト反応を主体とする機構により SiO_x 層をエッチングしていても、その反応系中

には必ずラジカルが生成しており、 Si_xN_y が露出した時点でこのラジカルにより下地のエッチング速度が上昇してしまうからである。

【0016】最近になって、新しいプラズマ源の採用によりラジカルの生成量を低下させた高密度プラズマを用いてこれを実現する技術が提案されている。たとえば、Proceedings of the 43rd Symposium on Semiconductors and Integrated Circuits Technology, p. 54 (1992) には、 C_2H_6 ガスの誘導結合プラズマ（ICP=Induction Coupled Plasma）を用い、LPCVD法により成膜された Si_3N_4 層の上でTEOS-CVD法により形成された SiO_x 層を C_2F_6 （ヘキサフルオロエタン）を用いてエッチングし、ゲート電極に一部重なる接続孔を開口するプロセス例が紹介されている。高密度プラズマ中ではガスの解離が高度に進行するので、 C_2F_6 はほぼイオン式量の小さい CF^\bullet に分解され、これがエッチングに寄与しているものと考えられている。また、このとき堆積するC/F比の低いフルオロカーボン系ポリマーの中のC原子は、 Si_xN_y 中のN原子よりも SiO_x 中のO原子と結合しやすいので、 SiO_x 層の表面では除去されるが、 Si_xN_y 上では堆積する。これが、選択性の達成メカニズムであると考えられている。

【0017】この技術はかなり有望であるが、安定した選択性を得にくいという欠点がある。たとえば、上述のプロセスにおける選択比は、平坦部において無限大、コーナー部では20以上と報告されている。かかる選択性の面内バラつきは、 C_2F_6 の解離が高度に進んだ結果生成する F^\bullet の寄与によるものと考えられる。そこで本発明は、 Si_xN_y 層に対して安定に高選択比を確保することが可能な SiO_x 層のドライエッチング方法を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明のドライエッチング方法は、上述の目的に鑑みて提案されるものであり、イオン密度が 10^{11} イオン/cm³ 以上のプラズマを生成可能なエッチング装置内で、一般式 C_xF_y （ただし、 x, y は自然数であり、 $y \leq x+2$ の関係を満たす。）で表されるフルオロカーボン系化合物を主体とするエッチング・ガスのプラズマを生成させ、 Si_xN_y 系材料層の上に形成された SiO_x 系材料層を選択的にエッチングするものである。

【0019】ここで、高密度プラズマとは、従来型のプラズマに比べて電子とガス原子の衝突回数を増やすための何らかの工夫がなされているプラズマのことである。従来型のプラズマとは、たとえば平行平板電極間にRFパワーを印加してグロー放電を起こしたり、導波管へマイクロ波を供給してマイクロ波放電を起こすことにより

励起されるものである。これに対し、高密度プラズマは、たとえばマイクロ波電界と磁界の相互作用にもとづく電子サイクロトロン共鳴、あるいはホイッスラー・モードと呼ばれる磁界中のマイクロ波伝搬モード等を利用することにより、ガスの解離を高度に促進し、高いイオン密度を達成したものである。

【0020】かかる 10^{11} イオン/cm³以上のイオン密度を有するプラズマの具体例としては、ECRプラズマ、ヘリコン波プラズマ、ICP(Inductively Coupled Plasma)、TCP(Transformer Coupled Plasma)、ホロー・アノード型プラズマ、ヘリカル共振器プラズマ等が知られている。

【0021】また、上記フルオロカーボン系化合物は、その一般式から自明であるように、不飽和化合物である。この要件は、鎖状あるいは環状のいずれの炭素骨格によっても満たすことができる。しかし、炭素数がある程度多くなれば鎖状の場合には必然的に連続した多重結合あるいは共役多重結合を持たざるを得ず、また環状の場合には共役多重結合、縮合環、多環、スピロ環、環集

【0022】かかる要件を満たすフルオロカーボン系化合物の一例としては、テトラフルオロエチレン(C₂F₄)、ヘキサフルオロブタジエン(C₄F₆)、テトラフルオロシクロプロペン(c-C₃F₄)、ヘキサフルオロシクロブテン(c-C₄F₆)、ヘキサフルオロベンゼン(C₆F₆)、オクタフルオロシクロヘプタトリエン(c-C₇F₈)、オクタフルオロビシクロ[2, 2, 1]ヘプタジエン(C₇F₈)等を挙げることができる。

【0023】本発明はまた、イオン密度が 10^{11} イオン/cm³以上のプラズマを生成可能なエッチング装置内で、一般式C_xF_y(ただし、x, yは自然数であり、y ≤ x + 2の関係を満たす。)で表されるフルオロカーボン系化合物を主体とするエッチング・ガスのプラズマを生成させ、所定の形状にパターンニングされたSi_xN_y系材料層をマスクとしてSiO₂系材料層のエッチングを行うものである。

【0024】本発明はさらに、前記フルオロカーボン系化合物としてヘキサフルオロベンゼンを用いるものであ

【0025】

【作用】フルオロカーボン系化合物を主体とするエッチング・ガスを用いてイオン密度 10^{11} イオン/cm³以上の高密度プラズマを形成すると、低圧下でも従来のRFプラズマ等と比べてフルオロカーボン系化合物の解離が進み、大量のCF_x⁺(しかも、x=1が多い)が効率良く生成する。この豊富なイオンにアシストされながら、シリコン化合物層は実用的な速度でエッチングされる。

【0026】しかし、この大量のCF_x⁺に伴って大量のF⁺が生成すると、Si_xN_y層に対する選択性が低下する原因となる。そこで本発明では、プラズマ中に過剰のF⁺が生成しないよう、C原子数に比べてF原子数が少ない化合物、すなわち分子のC/F比が大きいフルオロカーボン系化合物をエッチング・ガスの主成分として用いる。本発明の場合、F原子数yはC原子数xに比べて最大でも2個多いだけであるから、仮に単純化して1分子からx個のCF⁺が生成したと考えると、F⁺の生成量は最大でも2個ということになる。

【0027】本発明では、かかるフルオロカーボン系化合物を用いてSi_xN_y層上でSiO₂系材料層をエッチングするので、Si_xN_y層の露出面が高密度のF⁺に曝される虞れない。したがって、下地のSi_xN_y層に対して高い下地選択性が達成されるわけである。この原理は、逆に所定の形状にパターンニングされたSi_xN_y層を、その下のSiO₂層のエッチング・マスクとして用いた場合にも全く同じであり、高いマスク選択性が達成される。

【0028】ところで、本発明では上記フルオロカーボン系化合物として特にヘキサフルオロベンゼン(C₆F₆)を提案するが、これは安定性、入手の容易さ、C/F比の値が1と大きいこと等を考慮したからである。従来からC₆F₆をSiO₂系材料層のエッチングに用いようとする試みはあった。しかし、たとえば特公平1-60938号公報にも記載されているように、これ単独ではCF₃⁺やCF₂⁺が大量に生成してポリマーを形成してしまい、エッチング反応の進行が阻害されるため、実用にはならなかった。上記公報では、炭素系ポリマーの重合を阻害するために、CF₄を1:1の割合でC₆F₆に混合したガスを用いて、この問題を解決している。

【0029】しかし、本発明によれば、C₆F₆は高密度プラズマ中でCF⁺にまで解離されるので、炭素系ポリマーを過剰に堆積させる虞れない。しかも、仮に炭素-炭素間の結合が全て開裂して1分子から6個のCF⁺が生成したとすれば、F⁺は理論上は1個も生成しないことになり、Si_xN_y系材料層に対して高い選択性が達成される。また、かかる高選択エッチングを単独ガス系で実現できる点も、安定性、制御性等の観点から本発明のメリットと言える。

【0030】

【実施例】以下、本発明の具体的な実施例について説明する。

【0031】実施例1

本実施例は、有磁場マイクロ波プラズマ・エッチング装置とC₆F₆ガスを用い、Si₃N₄下地膜を有するSiO₂層間絶縁膜をエッチングしてコンタクト・ホールを開孔した例である。このプロセスを、図1を参照しながら説明する。

【0032】まず、図1(a)に示されるように、予め不純物拡散領域2の形成されたシリコン基板1上にたとえばLPCVD法により層厚10nmのSi₃N₄下地膜3を形成し、続いて常圧CVD法により層厚1000nmのSiO₂層間絶縁膜4を形成した。さらに、上記SiO₂層間絶縁膜4の上には、ノボラック系ポジ型フォトリソグرافيおよびアルカリ現像により直径0.35μmの開口部6を有するレジスト・マスク5を形成した。

【0033】このウェハを有磁場マイクロ波プラズマ・エッチング装置のウェハ載置電極上にセットし、一例として下記の条件でSiO₂層間絶縁膜4をエッチングした。

C ₆ F ₆ 流量	20	SCCM
ガス圧	0.65	Pa
マイクロ波パワー	1500	W (2.45 GHz)
RFバイアス・パワー	200	W (800 kHz)
ウェハ載置電極温度	20	℃

【0034】ここでは、大きなマイクロ波パワーを投入してECR放電を行うことにより、C₆F₆の解離が進行し、イオン密度が10¹¹イオン/cm³のオーダーの高密度プラズマが生成された。上記エッチング過程では、この高密度プラズマ中に生成する大量のCF⁺によりSiO₂層間絶縁膜4のエッチングが高速に進行した。また、下地のSi₃N₄下地膜3が露出した時点でも、プラズマ中に過剰なF⁺が生成していないために、Si₃N₄下地膜3に対して約30の高い選択性が達成された。もちろん、レジスト・マスク5に対する選択性も良好であった。

【0035】このエッチングの結果、図1(b)に示されるような異方性形状を有するコンタクト・ホール7が、その底面に露出するSi_xN_y下地膜3を浸蝕することなく形成された。

【0036】なお、このエッチング過程では、図示されない炭素系ポリマーの堆積が若干みられる。この炭素系ポリマーは、SiO₂層間絶縁膜4のエッチング領域ではここからスパッタ・アウトされるO原子の燃焼作用により除去されるが、レジスト・マスク5の表面保護、コンタクト・ホール7の側壁面の保護、Si₃N₄下地膜3の露出面の保護等に寄与した。

【0037】しかし、いずれにしても従来のように大量の炭素系ポリマーを堆積させてエッチングの進行を妨げることはなかった。

【0038】次に、ウェハをプラズマ・アッシング装置に移設して通常の条件でO₂プラズマ・アッシングを行い、図1(c)に示されるようにレジスト・マスク5を除去した。このとき、表面保護や側壁保護に寄与してい

た図示されない炭素系ポリマーも同時に除去された。

【0039】最後に、ウェハを熱リン酸水溶液に浸漬し、図1(d)に示されるように、コンタクト・ホール4aの底部に露出したSi₃N₄下地膜3を分解除去した。以上のプロセスにより、不純物拡散領域2にダメージを発生させたり、またパーティクル汚染を惹起させることなく、良好な異方性形状を有するコンタクト・ホール7を形成することができた。

【0040】実施例2

10 本実施例は、SRAMの負荷用TFTのゲート電極と記憶ノードの接続を形成するためのセルフアライン・コンタクト加工において、SiO₂層間絶縁膜のエッチングをICPエッチング装置とC₆F₆ガスを用いて行った例である。このプロセスを、図2を参照しながら説明する。

【0041】本実施例でエッチング・サンプルとして用いたウェハの構成を、図2(a)に示す。このウェハは、シリコン基板11上に表面酸化によりゲート酸化膜13が形成され、この上でドライバ・トランジスタの2本のゲート電極16、およびこのゲート電極16を後工程のエッチングから保護するためのSi₃N₄エッチング停止層17がパターンニングされたものである。上記ゲート電極16は、下層側から順にポリシリコン層14とタングステン・シリサイド(WSi_x)層15とが積層されたタングステン・ポリサイド膜からなるものである。ゲート電極16の両側壁面には、SiO₂からなるサイドウォール18がエッチバック・プロセスにより形成されており、前述のゲート電極16およびサイドウォール18をマスクとした2回のイオン注入により、LD

20 D構造を有する不純物拡散領域12がシリコン基板11内に形成されている。

【0042】このウェハの全面には、たとえばCVD法によりSiO₂層間絶縁膜19が堆積され、さらにこの上にレジスト・マスク20が所定のパターンに形成されている。上記レジスト・マスク20は、両ゲート電極16上に一部かかり、これらの中間領域をカバーする開口部21を有している。この開口部21の内部で、SiO₂層間絶縁膜19をエッチングして不純物拡散領域に至るコンタクト・ホールを形成するわけである。

40 【0043】上記ウェハをICPエッチング装置にセットし、一例として下記の条件でSiO₂層間絶縁膜19のエッチングを行った。

C ₆ F ₆ 流量	20	SCCM
ガス圧	0.65	Pa
RF電源パワー	2500	W (2 kHz)
RFバイアス・パワー	50	W (1.8 MHz)
ウェハ載置電極温度	0	℃

この過程では、ICPエッチング装置内で生成されるイオン密度10¹²イオン/cm³のオーダーの高密度プラ

ズマにより、 CF^+ を主エッチング種とした SiO_2 層間絶縁膜 19 のエッチングが進行した。この結果、図 2 (b) に示されるように、 SiO_2 層間絶縁膜 19 およびゲート SiO_2 膜 13 の一部が除去されてコンタクト・ホール 22 が完成し、先に形成されていたサイドウォール 18 の上にはさらに別のサイドウォール 19a が形成された。

【0044】ところで、このエッチングの途中では Si_3N_4 エッチング停止層 17 が露出するが、このとき実施例 1 でも上述したように C_6F_6 の解離が高度に進んでプラズマ中の F^+ 生成量が少なくなっているため、 Si_3N_4 エッチング停止層 17 に対する選択比が十分に大きく維持された。したがって、かかる高段差上の SiO_2 層間絶縁膜 19 のエッチングも、ゲート電極 16 にダメージを及ぼすことなく行うことができた。

【0045】比較例

ここでは、実施例 2 に対する比較例として、ICP エッチング装置と C_2F_6 ガスを用いて同様の SRAM のセルフアライン・コンタクトを形成した例について説明する。まず、図 2 (a) に示したものと同一ウェハを ICP エッチング装置にセットし、一例として下記の条件で SiO_2 層間絶縁膜 19 をエッチングした。

【0046】

C_2F_6 流量	20	SCCM
ガス圧	0.65	Pa
RF 電源パワー	2500	W (2 kHz)
RF バイアス・パワー	50	W (1.8 MHz)
ウェハ載置電極温度	0	°C

【0047】この過程では、 C_2F_6 の高効率解離により CF^+ がもちろん生成するが、同時に大量の F^+ も生成し、この F^+ がエッチング途中で露出した Si_3N_4 エッチング停止層 17 に対する選択性を低下させた。この結果、図 3 に示されるように、浸触された Si_3N_4 エッチング停止層 17 b の下層側でゲート電極 16 も一部浸触され、サイドウォール 18 b、19 b の断面形状もそれぞれ劣化した。

【0048】以上、本発明を 2 例の実施例にもとづいて説明したが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではない。たとえば、上述の実施例では、高密度プラズマとして ECR プラズマおよび ICP を採り上げたが、ホローアノード型プラズマでは 10^{12} イオン/cm³、ヘリコン波プラズマや TCP では $10^{12} \sim 10^{13}$ イオン/cm³ のオーダーのイオン密度が報告されており、これらのいずれれを利用して良い。

【0049】エッチング・ガスとして用いられるフルオロカーボン系化合物 C_xF_y も、上述の C_6F_6 に限られるのではなく、 $y \leq x+2$ の条件を満たす限りにおいて合成が可能であり、安定に存在でき、しかも容易に気体状態でエッチング・チャンバ内へ導入できる化合物

であれば、いかなるものであっても構わない。

【0050】また、本発明が適用可能な他のプロセス例としては、 $ONO (SiO_x/Si_xN_y/SiO_x)$ 構造を有する 3 層型ゲート絶縁膜上における SiO_2 層間絶縁膜のエッチバック等がある。これは、ゲート電極の側壁面にサイドウォールを形成するためのプロセスであるが、この場合、エッチバックをゲート絶縁膜中間の Si_xN_y 膜上で高選択比をもって停止させることができる。

【0051】この他、エッチング条件、使用するエッチング装置等が適宜変更可能であることは、言うまでもない。

【0052】

【発明の効果】以上の説明からも明かなように、本発明のドライエッチング方法によれば、従来は炭素系ポリマーの生成量が多すぎてエッチングには使用できなかった C/F 比の大きいフルオロカーボン系化合物を高密度プラズマ中で高度に解離させ、エッチング・ガスの主成分として用いることができるようになる。しかも、かかるフルオロカーボン系化合物は、放電解離条件下でも F^+ を過剰に生成しないため、 SiO_x 系材料層と Si_xN_y 系材料層との間の選択エッチングを高選択比をもって実現することが可能となる。

【0053】したがって、本発明は微細なデザイン・ルールにもとづいて設計され、高集積度および高性能を有する半導体装置の製造に好適であり、その産業上の価値は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明をコンタクト・ホール加工に適用したプロセス例をその工程順にしたがって示す模式的断面図であり、(a) は SiO_2 層間絶縁膜上にレジスト・マスクが形成された状態、(b) は SiO_2 層間絶縁膜のエッチングが Si_xN_y 下地膜上で停止した状態、(c) はレジスト・マスクがアッシングにより除去された状態、(d) はコンタクト・ホール内の Si_3N_4 下地膜が選択的に除去された状態をそれぞれ表す。

【図 2】本発明を SRAM のセルフアライン・コンタクト加工に適用したプロセス例をその工程順にしたがって示す模式的断面図であり、(a) は表面に Si_xN_y エッチング停止層を有する 2 本のゲート電極を被覆して SiO_2 層間絶縁膜が形成され、さらにレジスト・マスクが形成された状態、(b) はサイドウォールが形成されながらコンタクト・ホールが形成された状態をそれぞれ表す。

【図 3】SRAM のセルフアライン・コンタクトの比較例において、 Si_xN_y エッチング停止層に対する選択性が低下し、ゲート電極とサイドウォールの断面形状が劣化した状態を示す模式的断面図である。

【符号の説明】

1, 11 ……シリコン基板

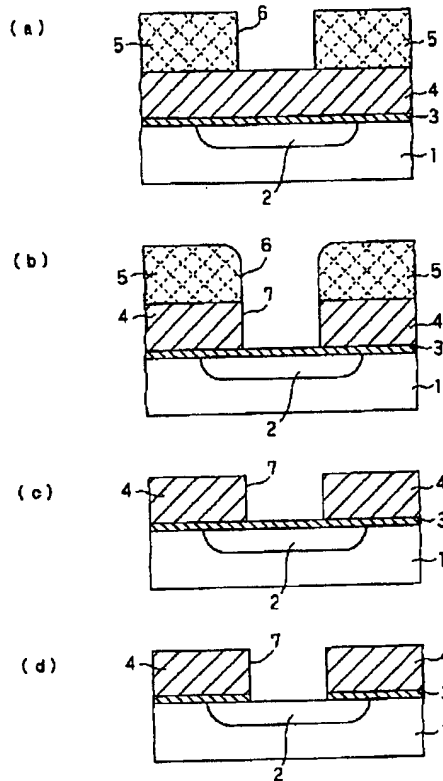
(7)

特開平6-275568

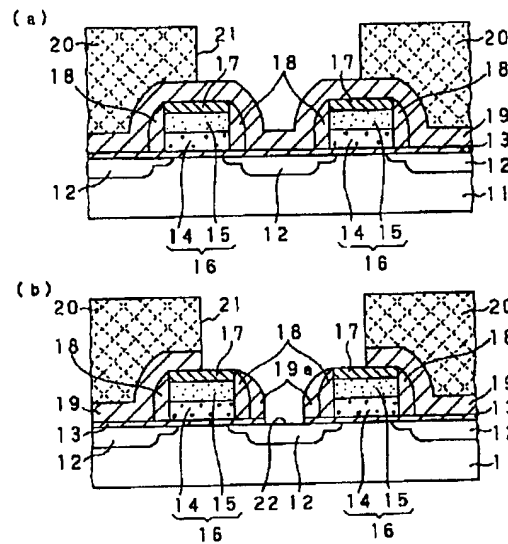
- 11
 2, 12 . . . 不純物拡散領域
 3 . . . Si_3N_4 下地膜
 4, 19 . . . SiO_2 層間絶縁膜
 5, 20 . . . レジスト・マスク
 6, 21 . . . 開口部

- 12
 7, 22 . . . コンタクト・ホール
 13 . . . ゲート酸化膜
 16 . . . ゲート電極
 17 . . . Si_3N_4 エッチング停止層
 18, 19 . . . サイドウォール

【図1】



【図2】



【図3】

